

住宅・室内環境における 炭化材・再生炭の活用法と有効性に関する研究

鎌 田 清 子

A Study on the Effectiveness and Utility of Charcoal and Recycled Charcoal Materials in a Housing and Indoor Environment

KAMADA Kiyoko

目 次：

- 1．研究の目的
- 2．調査研究の方法
- 3．調査結果の一覧
- 4．木炭，炭化材料の総括，シックハウス症候群への有効性評価
- 5．炭化材料の住環境における可能性に関する考察

謝 辞

1．研究の目的

2003年7月，日本では，シックハウス症候群，シックスクール，シックビルディングに起因した各種アレルギー症状を防止することを目的とした『シックハウス法』が施行された。シック

ハウス症候群と診断されるものにはアトピー性皮膚炎，アレルギー性鼻炎，喘息，頭痛，吐き気，不定愁訴など広範な症状が含まれる。特に40代から50代中年女性の場合には更年期障害の症状と近似しており自律神経失調症として見落とされてきた。しかし，近年の高齢社会の進展によって免疫低下が顕著になる75歳以降の後期高齢者にとっては落命につながる深刻な事態にまで発展する場合がある。

中国では，大気汚染，細菌・ウイルス汚染が『サーズ』を引き起こすなど空気質の清浄化，衛生管理は健康管理上，極めて重要になってきている。大気に国境はなく，国際的な共通の認識・理解とともに日常の生活空間である一般住宅での室内空気の衛生管理は飲料水の水質管理以上に重要な関心事となってきている。

本研究では、日本政府が法律で厳しく義務化した下記3条件のうちの(1),(2)に関して、天然吸着機能に優れた木炭、炭化材料の活用法と有効性に関して考察すると同時に施工法の標準化、一般化の可能性について提案することを目的としている。

- (1) 24時間機械換気システムの設置
- (2) 室内内装材料の有害化学物質の排除規制
- (3) 小屋裏空間の通気・換気

『シックハウス法』と時を同じくして、日本では『建設リサイクル法』が施行され、建設用廃棄物、取り壊した建材廃棄物の100%再利用化が法律によって義務化された。木造建築が多い日本では、古い民家の解体により大量の古材が発生している。これを再利用した『木炭素材』を再度住宅の内装材料として活用する手法も考える価値が大いにある。各種炭化素材の吸着・分解性情、施工法などの考察をも目的としている。

2. 調査研究の方法

「建設リサイクル法」施行以後、建築用内装仕上げ材料として木炭、竹炭、炭化材料を開発して来た各種材料メーカー各社から性能、成分試験の測定値及び材料の施工デザイン事例など資料提供を受けて実施している。

本稿は当該研究課題の第一段階であり、現状での開発動向及び各種材料の有する物理的・化学的特性の概要を把握すると共に、可能性を把握している。なお、本稿においては、原材料の入手価格、加工、製造コスト、販売コストなど流通・設計施工上重要な鍵となる経済的要因分析・比較検討は実施していない。

3. 調査結果の一覧

3-1 木炭の種類と特性

木炭は、さらに『黒炭』と『白炭』に分類されて、焼く釜の形状、温度、焼き方で異なる。

『白炭』は、炭の中でも最高級の品質で、原木が、1/10ほどの大きさまで縮小するほど手間隙かけて焼き続けて完成する。太平洋沿岸の温暖地域に生育する、硬くて重い材質の馬目樫(ウバメガシ)を使用した炭が『備長炭』になる。

釜温度は1000℃以上で、10日間継続して完成する。途中で白炭独得の技法で消し子という粉(砂と灰)をかけて火を消していくため、炭が白くなる。

中国から伝来した伝統技法で、中国、日本、朝鮮半島の1部でしか見られない。欧米、その他の国では黒炭しか焼いていない。

『黒炭』は、クヌギ、コナラ、樫などを材料とし、燃料などとして多く見られる。釜温度は400-600℃で焼き、炭質も軟らかく、火付きがよく、短時間で燃え尽きる。燃料以外には、細粉して、住宅、衣類、生活関連商品(石鹸、シャンプー、臭い取り、木酢水)などに利用されてきた。

3-2 竹炭の特性

『竹炭』の材料には、真竹、孟宗竹、淡竹などを使用する。釜温度は300-400℃と低温度で保ち、2-3日で完成する。重量が軽く、木炭以上に殺菌効果が高い。1000℃以上の高温で焼くと、釜の中で爆発するが高温で焼いた竹炭は備長炭以上の吸着性があるといわれている。比較的安価で大量生産できる竹炭はシックハウス対策には有用な自然素材である。近年、中国では木炭の生産を禁じ、竹炭の製造のみが可能になったばかりでもある。

3-3 炭化籾殻・燻製炭の特性と施工法

炭化した籾殻の特徴と効能を以下に列記する。

- ・発熱量は最高5500カロリーで木炭より低いが、長持ちし、魚介類の焼き物に最適である。
- ・太陽光の熱吸収が良いため、多雪地域での融雪剤、路面での滑雪防止剤として散布し、夏季には土壌改良に貢献する。
- ・微細な多孔形状で、水分・有毒ガスなどの吸着性に優れている上、難燃性、土壌の酸化防止に役立つ。
- ・畑、芝生、などの土壌改良、林地開発にかかわる調整池、の水質浄化、畜産農家の臭気に活用されている。
- ・無菌、多孔質の炭の特性が、共生菌の繁殖を助けている。
- ・籾殻炭の定量分析結果^{*1}を表-1に示す。

原材料の52.52%は強熱減量で消失するが残量の47.48%中の45.81%が二酸化ケイ素で占めている。二酸化ケイ素はシリカゲルの原料であり吸湿・吸着の特性に優れている。豊田化工社

のシリカゲルのバックデータ^{*2}を引用して説明すると、表-2参照。木炭はシリカゲル、天然ゼオライトと比較して、有害化学物質の除去率が顕著に高いわけではない。天然ゼオライトは、火山灰が蓄積され固まって生成される、白色凝灰岩である。表面が多孔質な網目構造の結晶で、生命に不可欠のミネラルを含み、強力なイオン交換作用により、空気中、水中、土壌で酸素を発生すると同時に、不純物を吸着する特殊な性質を有している。木炭とゼオライトの調湿性能を比較したデータ^{*3}に(表-2)よると、木炭は外気に連動して湿度を抑えるように変動するが、ゼオライトは高湿度時には吸着し、湿度が下がると放湿しながら、湿度を一定にする効果がある。

さらに、主成分である、珪酸と酸化アルミニウムが、有害物質や細菌の吸着力、浄化力に優れており、不快な臭いであるアンモニア、硫化水素、ホルムアルデヒドを強力に吸着する^{*4}。図-1(1),(2),(3)参照。

籾殻炭と天然ゼオライトとの比較実験データ

表-1 籾殻炭と備長炭の定量分析結果

試料名	灰分濃度(%)		測定方法	定量下限値
	灰化温度 800℃	灰化温度 1000℃		
籾殻炭素	40.0%	39.5%	重量法	0.1
備長炭	3.0%	2.4%		

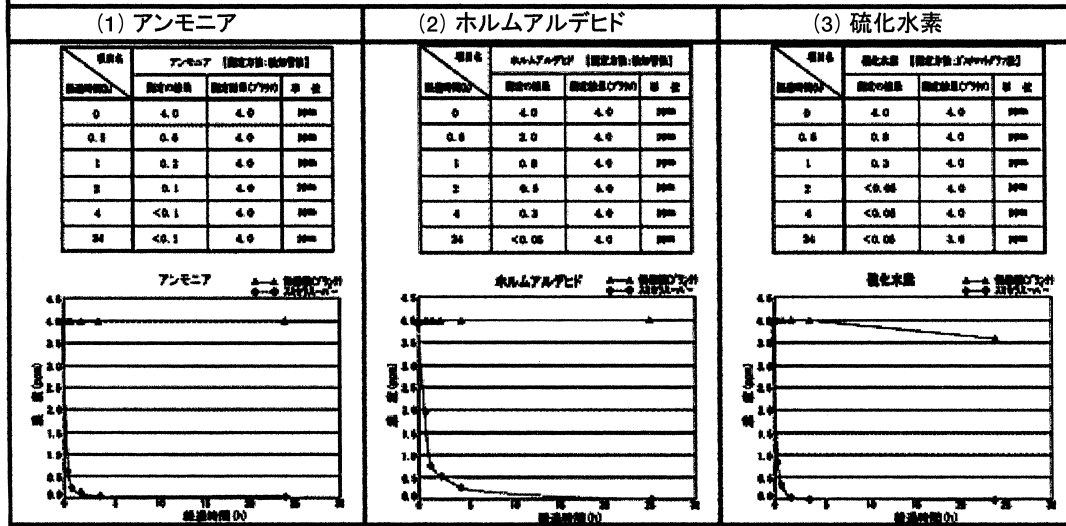
表-2 各種吸着剤の有機物質の吸着能力

	除去率(%)			ブランク濃度(ppm)
	A	B	C	
トルエン	23	55	18	44
ピリジン	90	98	20	5
アセトアルデヒド	36	57	33	3
ホルムアルデヒド	40	50	25	4

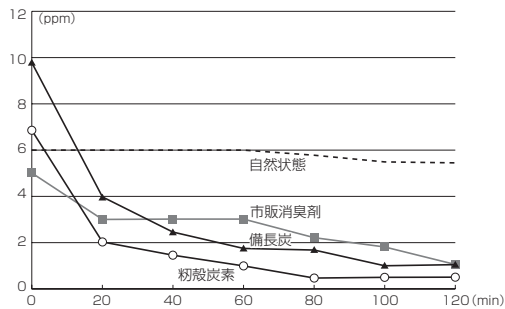
【試料】

- A : シリカゲル B形
- B : 木炭
- C : 天然ゼオライト

【吸着試験】



図一 アンモニア、ホルムアルデヒド、硫化水素の吸着試験結果



図二 酢酸吸収効果比較



写真一 初穀炭の性状

初穀炭素のパワーについては、宮本 忠氏(世界学術研究審査協会 米 国名誉工学博士)(WHO 神戸センターパートナーシップ 特定非営利活動法人 健康環境都市政策センター NPO 総合研究開発本部 代表理事 キヤノンNTC(株)技術顧問)より推薦されている。

はないが、両者の違いは、共生菌の繁殖を助ける点である。さらに、米を主食とするアジア地域の人々にとっては、米生産により大量に発生する産業廃棄物の有効利用として低価格で大量に供給できる点で優位な材料である。初穀炭素は、備長炭と比較して、約10倍の気孔数を有することから

- 1) 有害化学物質、特に悪臭の原因になるアンモニア、酸、アセトアルデヒドなどを吸収分解する*5。図一 2 参照。
- 2) 調湿・赤外線作用
- 3) 電磁波緩和作用

4) ラドン吸収作用

5) マイナスイオン化現象

建築空間、屋内空気への応用、実用化策としては断熱材として使用するブローイング・グラスウールに混入させて住宅の壁体内、天井懐、小屋裏、天井断熱材として活用している。写真一、2、3参照。

原材料は米の脱穀廃材であるから、毎年大量に発生し、処理に悩む産業廃棄物でもある。このため、価格は極めて低廉価で供給されている。

今後の実用化、応用策の1例としては、ホームインサル(株)社がBIB工法に混入して床・壁体



壁BIB工事

写真-2 壁のフローイングウール施工例



天井フローイング工事

写真-3 天井断熱材の施工例

表-3 初殻炭素のホルムアルデヒド吸着試験データ

試料名	ホルムアルデヒド濃度 (ppm)				測定方法	定量下限値
	試験開始時	1 時間後	4 時間後	24 時間後		
空 試 験	23.0	23.0	23.0	21.6	検知管法	0.05
初殻炭素	23.0	0.27	0.14	不検出		

内、天井裏断熱材として流通させて2004年度から販売に踏み切ったばかりで、施工後の有効性の検証作業はこれから行われる予定である。

初殻炭素のホルムアルデヒド吸着試験^{*6}のデータを表-3に示す。ホルムアルデヒド濃度は24時間後以降には不検出となっている。不検出とは0.05ppm未満の含有量である。

初殻炭素の吹込み用繊維質断熱材との混入比

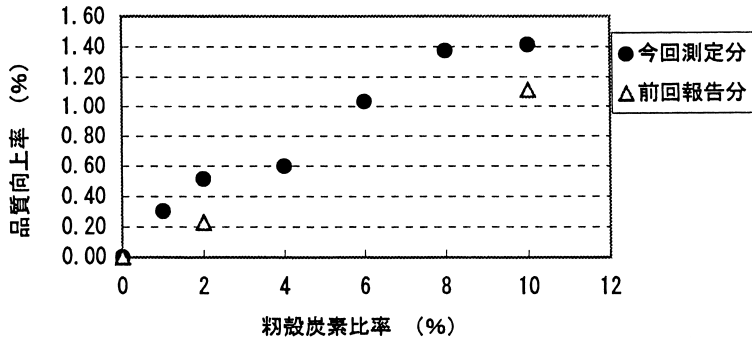
率による断熱性能品質試験^{*7}の結果(重量費, 2, 4, 6, 8, 10%)を比較してみると, 10%の混入時で最大の熱抵抗, 熱伝導率をしめしている。熱抵抗値で比較した品質向上率では1.42%の上昇が確認されている。表-4, 図-3参照。

今後、急増する在宅介護、トイレ、室内飼育のペット犬、猫のトイレ砂との混入などきつい

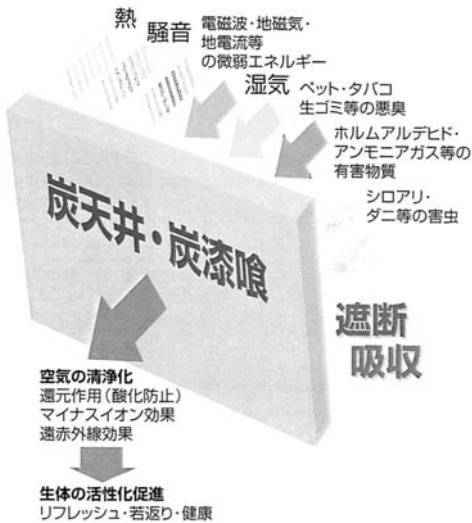
表-4 初殻炭素の熱抵抗, 熱伝導率の品質向上率

測定条件	熱抵抗 $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{kcal}$	熱伝導率 $\text{kcal} / (\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$	品質向上率 (熱抵抗で比較)
通常BW	2.329	0.0429	基準
初殻炭素 1%付加	2.336	0.0428	0.30% 向上
初殻炭素 2%付加	2.341	0.0427	0.52% 向上
初殻炭素 4%付加	2.343	0.0427	0.60% 向上
初殻炭素 6%付加	2.353	0.0425	1.03% 向上
初殻炭素 8%付加	2.361	0.0424	1.37% 向上
初殻炭素 10%付加	2.362	0.0423	1.42% 向上

※初殻の混入比率に応じて熱伝導率は向上している事がわかる。



図一 3 粉炭炭素付加による断熱性能の向上性状の推移



図一 4 再生木炭ボードの物理性状の概念図



炭天井は、準不燃の保証を取得している。

写真一 4 炭天井

品川区大崎の大手電機メーカー S 社本社ビル。会議室内のシステム天井中央部に炭天井(625×625×15mm)18枚を組込施工。炭天井の裏面を和紙張りに仕上げにインテリア性を追求。

＜炭天井の各種データ＞

●温度調節機能

相対湿度43%時	密度(g/cm ³)	平衡含水率(%)
炭天井	0.43	10.3
備長炭ボード	0.68	10.7

相対湿度85%時	密度(g/cm ³)	平衡含水率(%)
炭天井	0.49	29.5
備長炭ボード	0.72	16.6

汚臭・悪臭対策としての活用策が考えられる。

3-4 再生木炭の品質と活用法

再生木炭ボードの物理的な特徴を図一 4 に示す。取り壊した古い木材のリサイクルチップを1000℃以上の高温で炭化させた木炭を板状厚み15mmに成型した建築内装材料である。会議室

天井に施工した事例が写真一 4 である。炭化材表面に和紙を張りインテリア性を施しているため、多様なインテリアデザインにも対応することが出来る。

(1). 炭ボード・炭チップ材の湿度調整機能

湿度の吸湿性、放湿性は図一 5, 6 に示す性

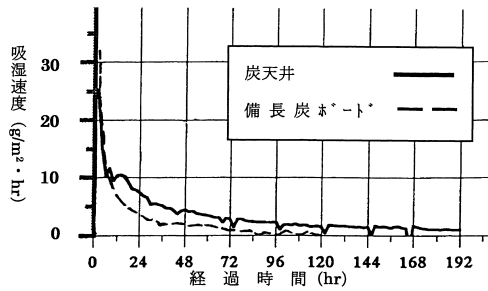


図-5 吸湿性試験

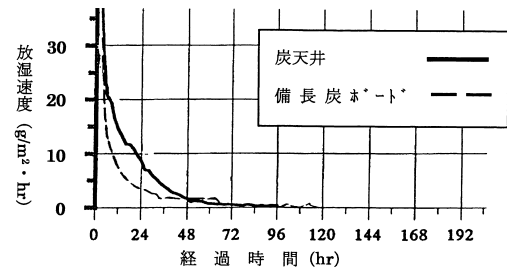


図-6 放湿性試験

表-5 悪臭・有害ガス吸着機能

ガス名	室温(℃)	初期濃度 (ppm)	経過時間に伴うガス体の濃度 (ppm)				
			50分	1.7時間	2.5時間	3.3時間	4.2時間
一酸化炭素	26	50	25	15	10	8	3
トリメチルアミン	27	64	40	20	8	4	4
ホルムアルデヒド	26	50	30	15	12	11	8
酢酸ビニル	26	70	30	20	12	8	6
トルエン	26	45	15	10	10	8	5
キシレン	28	55	30	20	10	8	8

注1) 炭天井100gへのガス体(約50ppm)の吸着量です。

注2) 一酸化炭素: タバコ臭の4成分の1つで、ツーンとする刺激臭

注3) トリメチルアミン: 家庭内で感じる悪臭源

注4) ホルムアルデヒド, 酢酸ビニル, トルエン・キシレン: 建材・塗料から発生する主な化学物質臭

状であるが、24時間から48時間を1周期に吸・放湿機能を発揮している。これは、急激な大気中の水分変化にも調整機能が期待できることを意味している。図-5, 6は高価な備長炭を原材料とした板状材料と、古材リサイクル炭材料との比較であり、両者に顕著な差異がないことから、価格面での利点が明確になる資料である。同一材料を通気性の高い布袋につめて、床下空間に配置、敷きこむことで床下空間の調湿、微生物の発生を抑える効果が期待できる。たとえ、RC土間コンクリート基礎であっても、木炭の調湿機能はカビなど微生物の発生を抑え、建物の耐久性に寄与できる。

(2). 悪臭・有害ガス吸着機能

表-5は喫煙中に生じる1酸化炭素の吸着な

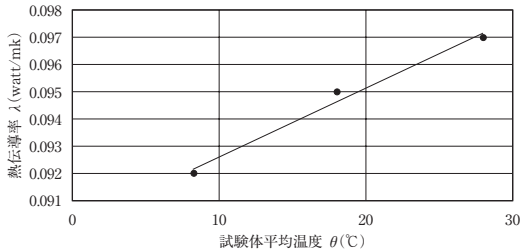
ど有害ガスの吸着機能を示す。シックハウス法で規制された数値を4.2時間でクリアしている。有害化学物質のほかにも家庭内で生じる生ごみ、生活臭であるトリメチルアミンの吸着性は4.2時間で4ppmと優れている。

(3). 断熱性能

図-7にリサイクル木炭ボードの熱伝導率を示す。室温18℃のときの熱伝導率が0.095watt/mkで断熱繊維板(0.087), 畳(0.09), 石綿入り珪藻土保温板2号(0.097)とほぼ同等な性能である。一般的な断熱材料である硬質ポリウレタンフォームは0.017, グラスウールは0.028~0.037, 内装材下地として最多の石膏ボードは1.75倍の0.17である。

●断熱機能

18℃の熱伝導率は0.095watt/mkで、この値は、インシュレーションファイバーボード(0.087)、畳(0.09)や石綿入珪藻土保温板2号(0.097)とほぼ同じである。硬質ポリウレフォームの1/6の0.017、グラスウールは1/3の0.028~0.037、石膏ボードは1.75倍の0.17である。



図一七 試験体平均温度と熱伝導率の関係

(4). 吸音性能

図一八は通常一般的に使用する壁下地材料である石膏ボード12mm厚板と木炭ボードの吸音性能との比較である。石膏ボードは、逆に遮音材料として2~3枚、継ぎ目をずらしながらたすき重ね張りして使用するものであるが、1枚張りでも2000Hz付近で若干の吸音性がある。しかし、一般家庭で生じる生活音域は400, 500~1000Hzであるため、この音域では吸音特性が期待できる。さらに木炭ボードを単体で使用するよりは、空気層、またはポ

リエステルとの組み合わせ、複合化によりさらに吸音性が向上し、吸音材料としても期待が出来る。

(5). マイナスイオン機能

施工事例の1例として、木造家屋築30年の古家のリフォームにおいて天井面への木炭ボードを接着工法で施工した上で、測定した結果は有効であった。

施工前後の数値は早朝の屋外空気中のマイナスイオン量は、平均100~300個/lccに対して木炭ボードを施工した部屋では平均800個/lccであった。測定機器はアルス医療機器(株)製AIRIONCOUNTERを使用している。

(6). 遠赤外線機能

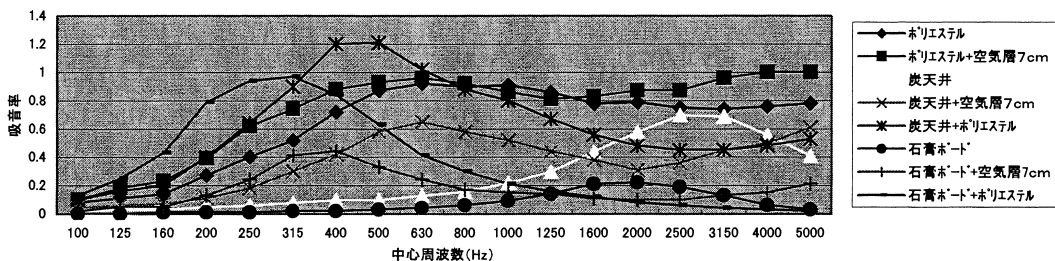
炭化材料には遠赤外線機能が期待できるが人体の体温領域(35~36℃)での遠赤外線量は、 $3.2\sim 3.8 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$ である。4.0以上の遠赤外線放射能力があれば、自律神経を活性化し、体温の上昇効果が得られる。炭化内装材料の遠赤外線量測定値の1例として表一六を引用する。リサイクル木炭材料においても、37℃から28℃まで9度の温度低下に要する時間は23分である。

(7). 電磁波シールド機能

将来のライフスタイルにとって新しい健康被

(4)一1. 吸音機能

通常的生活音域は400・500~1000Hzであり、この音域での特性があれば、吸音特性があるといえる。炭天井単体では不十分だが、空気層(または、ポリエステル)との組合せより吸音材として十分な能力を発揮する。



図一八 中心周波数と吸音率の関係

注) 石膏ボードは、吉野石膏(吸音ボード, 91cm×91cm)を使用。

(6)－1．遠赤外線機能

体温領域（35～36度）での遠赤外線量は、 $3.2\sim 3.8\times 10^{-3}\text{W}/\text{cm}^2$ で、4.0以上の遠赤外線放射能力があれば、自律神経を活性化し、体温上昇効果が得られることが確認できている。

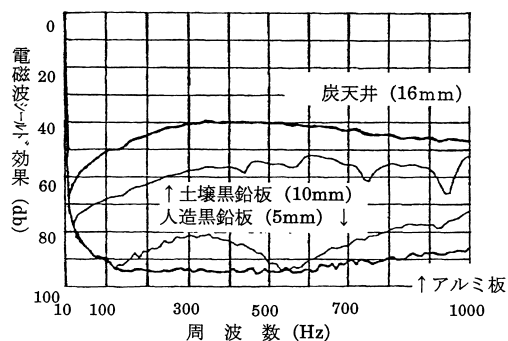
表－6 遠赤外線機能

	遠赤外線量 ($\times 10^{-3}\text{W}/\text{cm}^2$)		37→28℃の経過時間
	35℃時	36℃時	
炭天井	4.06	4.42	23分
備長炭ボード	3.66	4.00	30分
活性炭ボード	3.38	3.70	31分

害をもたらすことが予測されている電磁波の被害を減らす手段として炭化材料が期待できる。図－9に示す測定結果から、アルミ板が100～1000Hzの電磁波に対して遮蔽能力が高いことを示している。次いで人造黒鉛板5mm厚板が有効である。一般的には、電磁波シールド材料としては、60db（1/1000）以上が要求される。リサイクル炭化材料（16mm厚）は、20～40dbのシールド効果があり、材料厚寸法を増加することで、家庭用電化製品から発生する電磁波遮蔽対策としてもその効果が期待できる。

(7)－1．材料別の電磁波シールド機能比較

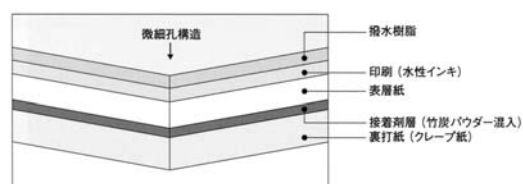
電磁波シールド材としては、60db（1/1000）が要求される。炭天井は、20～40dbの電磁波シールド効果があり、家庭内の電波に対して十分な効果が期待できる。



図－9 周波数と電磁波シールド効果

3－5 竹炭壁紙、炭クロス

竹炭壁紙の構成断面図を図－10に示す。図中の接着剤層に炭化材料を混入して製造する。T社製の竹炭ウォールは『マンマー竹』と陶土から成るセラミック原料を混合焼結することで、白色の竹炭パウダーを作りだす。写真－6参照。これを接着剤層に混入して、表装紙と裏打ち紙で挟み込み内装用の壁紙にしている。壁紙の厚みは0.40～0.60mmで、下地の接着剤と合わせても1.0mm以内である。微量にもかかわらず、竹炭の有する多孔質特性は空気中の水分の吸放湿性に優れている。この結果、結露を抑制し、カビ菌系の増殖を抑制する効果がある。



図－10 竹炭ウォールの構成断面図

表－7 透湿度試験結果

壁紙の種類	透湿度 ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$)
竹炭ウォール	950
一般ビニル壁紙	260

試験方法：JIS Z 0208（防湿包装材料の透湿度試験方法〈カップ法〉）に準ずる

〈東リ社内データ〉



ミャンマー竹

竹炭

竹炭パウダー

写真-6 竹炭ウォールの焼成パウダーと原材料

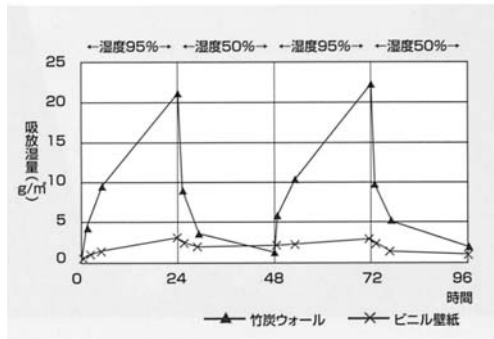


図-11 壁紙の吸放湿性

壁紙の種類	壁紙単体の吸放湿量(g/m ²)
竹炭ウォール	20.33
一般ビニル壁紙	1.39

壁紙の使用量は6畳で約30㎡前後である。6畳間で壁紙が吸放湿する水分量は、一般ビニル壁紙の約40gに比べ、竹炭ウォールは約600gと約15倍の吸放湿性能がある。

(東リ社内データ)

図-12 竹炭壁紙の吸放湿量比較1

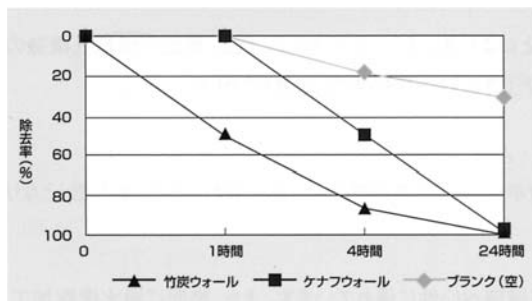
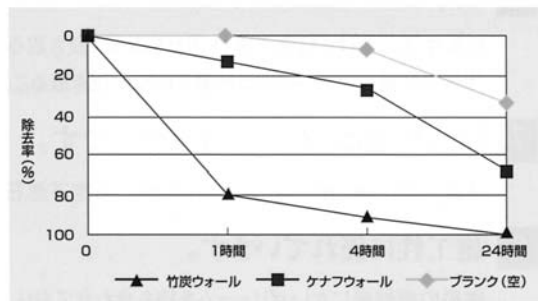


図-13 ホルムアルデヒドの消去性



(東リ社内データ)

図-14 アンモニアにおける消臭性

図-11, 12, 表-7 参照。透湿度特性は、一般ビニル壁紙と比較すると約3.7倍と高い。現在、シックハウス症候群の原因物質の代表であるホルムアルデヒド、悪臭の原因であるアンモニア成分の消臭性にも効果が期待できる。図-13, 14参照。一般壁紙と比較すると、短時間で顕著な消臭性能が特徴である。価格においても、材工ともで1000円/m²と平均的な流通価格である。

3-6 炭漆喰, 炭塗装材料

1. 炭漆喰

無機炭化材料 木材炭化チップを粉末化して、左官材料主材(活性炭炭)に、副主材無機結合材、酸化マグネシウムなどの無機材を混入させて、から練り後に水を徐々に加え、十分に攪拌する。湿式塗り壁、漆喰、モルタル状の材料を金鏝で塗り厚3mm, 1回塗りで壁、天井を化粧塗り仕上げの工法である。床仕上げには、

コンクリートのベタ基礎表面に3mm厚で炭漆喰を塗り、その上に根太組工法で化粧フローリング板材料を施工する。施工例の室内を写真－7に示す。インテリアデザインに合わせて、さらに炭漆喰表面には通気性塗料を塗装している。

活性化木炭は、電気抵抗値が小さく、導電性があるのが特徴である。このため遠赤外線効果、マイナスイオン効果、電磁波シールド効果などが期待できる。有害化学物質の吸着機能では、ホルムアルデヒド対応石膏ボードとの比較において優位にあることを表－8の測定値が示している。

2. 炭塗料

シックハウス対策塗料は日本国内でもすでに数社が製品開発、販売している。

その主原料、成分、主たる目的、色調などの概要を表－9に示す。主たる原料は木炭、竹炭、備長炭であり、さらにEM菌、ナノコート、ホタテ貝殻、珪殻、セラミックス等を混入させている。これら製品の主たる目的は、化学物質、ホルムアルデヒド等の吸着、脱臭効果、湿度調整、防カビ、害虫駆除である。

これらの塗料はシックハウス法で厳しく規制された内装材料の大臣認定F☆☆☆☆基準に適合する水性の環境塗料である。現時点における唯一の違いは、塗装表面の発色、色調の仕上がりにある。この材料には炭の黒色と各色が出せ

る塗料に区分することが出来る。いまだ開発、販売開始後の時間、施工事例の数が少ないことから、仕様書、能書きの追跡、確認、検証が不十分な段階ではある。いずれの製品も特許を獲得しており、独自の生産方式で供給される点で価格の標準化が求められる。中でも主材となる竹炭は大量に資源が得られることと、副主材は産業廃棄物の有効活用法としても評価に値する。

竹炭とセラミックスから成る炭化塗装材料の化学物質吸着性状の測定値を示す。図－15, 16, 17参照。平均塗膜厚みが3mmであるが、施工後急速度で吸着している。しかし、施工後の経



写真－7 炭漆喰

鎌倉市R邸。ベタ基礎の上に炭漆喰を左官施工（3mm厚）しフローリングは根太組工法。玄関周りの壁・天井にも炭漆喰を左官施工（3mm厚）。表面は通気性塗料仕上げ。

表－8 化学物質吸着性能

測定物質：ホルムアルデヒドの吸着性能

単位 ppm

試料名	初期値	30分	60分	120分	240分	480分
炭漆喰	70	20	16	10	5	3
ホルムアルデヒド対応ボード	70	25	16	9	6	4
ブランク	70	68	65	50	45	40

試験体：100×100mm

測定条件：室温 30℃，湿度 65%RH

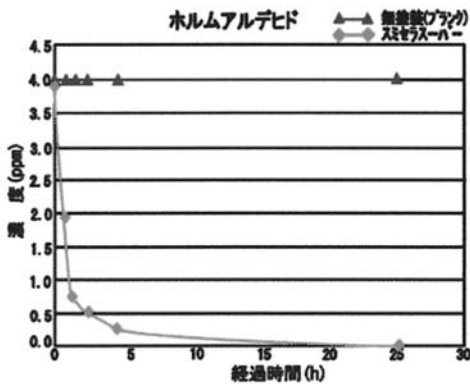
測定方法：環境技術研究会発行の環境技術別刷vol.22 No. 5（1993.5.）に記載されている東大工学部で行われた測定法に準拠

表一 9 シックハウス対策塗料の床材・主目的等の比較表

商品名(会社)	主原料	主な目的	色調
A社	竹炭EM菌	化学物質除去 虫除け	各色
B社	木炭	温度調節 化学物質吸着	黒
C社	木炭 ナノコート	化学物質吸着 害虫駆除 湿度調整	各色
D社	ホタテ貝殻 モミ穀	化学物質吸着	天然系顔料使用
E社	備長炭	化学物質吸着 脱臭効果	黒
N社	竹炭 セラミクス	化学物質吸着 脱臭効果 温度調整	各色

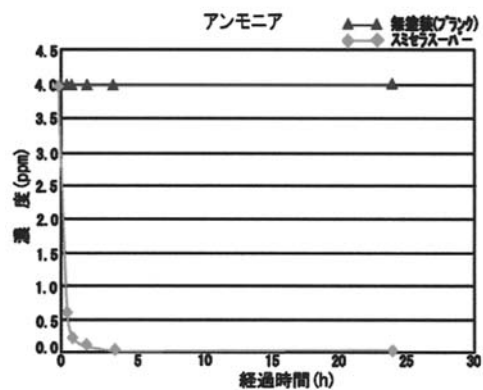
項目名 経過時間(h)	ホルムアルデヒド 【測定方法:検知管法】		
	測定の結果	測定結果(ブランク)	単 位
0	4.0	4.0	ppm
0.5	2.0	4.0	ppm
1	0.8	4.0	ppm
2	0.5	4.0	ppm
4	0.3	4.0	ppm
24	<0.05	4.0	ppm

項目名 経過時間(h)	アンモニア 【測定方法:検知管法】		
	測定の結果	測定結果(ブランク)	単 位
0	4.0	4.0	ppm
0.5	0.6	4.0	ppm
1	0.2	4.0	ppm
2	0.1	4.0	ppm
4	<0.1	4.0	ppm
24	<0.1	4.0	ppm



図一 15 ホルムアルデヒドの吸着性状

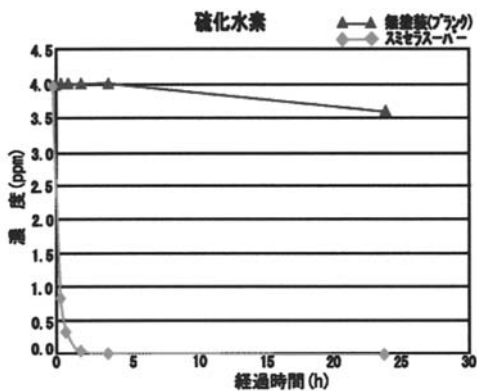
日本レストル社作成



図一 16 アンモニアの吸着性状

日本レストル社提供

項目名 経過時間(h)	硫化水素 【測定方法:ガスアナライザ法】		
	測定の結果	測定結果(グラフ)	単 位
0	4.0	4.0	ppm
0.5	0.8	4.0	ppm
1	0.3	4.0	ppm
2	<0.05	4.0	ppm
4	<0.05	4.0	ppm
24	<0.05	3.6	ppm



図一17 硫化水素の分解性状

日本レストル社作成

年変化に関する検証はこれからであり、現時点では効果の持続性が未解明である。

3-7 その他の製品—炭シート, 炭マット, 炭布団, 炭小物, インテリア製品

近年, にわかに注目されている癒し系インテリア製品にも炭化材料が盛んに使用されている。遠赤外線効果, マイナスイオンの効果, 消臭, 抗菌, 殺菌, 電磁波に抛る酸化防止などの効果を期待している。

1. 寝具

生涯の三分之一を過ごす寝具の衛生状態, 品質は健康の維持と密接に関係してくる。

炭シート, 炭マット, 炭布団など粉状に加工した炭化材料を不織布, 和紙, 木綿, ポリエチレンなどと複合させ, 寝具として使用する。このアイデアは第2次世界大戦後, ヤシガラ活性

炭を枕に入れて使用した特許取得に始まった。使用後の変化として周辺空気の浄化と熟睡が報告された。1997年3月31日までに, 炭枕30件, 炭布団58件合計108件が, ほかにも続々と炭寝具が開発され今日に至っている。枕には硬質でガス吸着性に富む備長炭が適しており, 備長炭など硬質の白炭は, マイナスイオンを増加する機能があり静電気を少なくする電気的效果も期待できる。竹炭の白炭にも同様の電気的特性があり, 寝具材料に適している。

著者自身で測定した数値は存在しないが消臭, 抗菌, 防カビ, 遠赤外線, 電磁波遮蔽効果が期待できる。中綿に炭素材を混入させた場合には, 吸放湿機能, マイナスイオン効果も期待でき, 枕, 癒し効果を期待する抱き枕などにも炭化材料を使用すると人体には遠赤外線, マイナスイオンなどから体の抗酸化にも良い。

2. インテリアカーテン

炭化材料を繊維に混入してカーテン生地として流通するものである。主として電磁波シールド効果, マイナスイオン, 消臭・脱臭効果を期待している。

3. 繊維・介護用品

体臭, 老臭, 失禁などに起因する汚臭の消臭, 抗菌機能が期待できる。炭および木酢水, 竹酢水として噴霧して使用することも可能である。汗, タバコの臭気を消す効果が期待できる。

4. 消臭オムツ

活動的な高齢者が急増する中で, 長時間の保水効果と共に臭気を緩和する必要がある。

5. 各種フィルター

ルームエアコン, 厨房用換気扇, など個別の換気システム用集塵, 防塵フィルターにも防虫, 抗菌, 防カビ機能が期待でき, 炭化素材は有効である。

6. 木炭・竹炭シート

靴, 履物を収納する下駄箱, 長期間の保存を要する和服, 毛皮製品など害虫が付きやすい衣

服の収納家具の底面に敷くことで防虫，抗菌，抗カビ効果が期待できる。

4. 木炭・炭化材料の総括とシックハウス症候群への有効性評価

4-1 調湿性

木炭，竹炭，初殻炭，再生木炭チップに共通して，吸湿，放湿機能は優れている。短時間に，感知，反応，反復，継続性においても高く評価することが出来る。特に壁面，天井面の結露を抑制し，カビ菌の増殖を抑制する効果が期待できる。

4-2 有害化学物質，汚染物質の吸着性・分解特性

シックハウス症候群の原因物質，人体に有害な化学・汚染物質の吸着性の検証作業は，日本政府の法律で規制された薬物に集中して測定結果が公開されているのが実情である。試験方法，測定時の温度，湿度，サンプル検体のサイズなどによって測定値は変化する。したがって，各種建築材料の検体サイズ，重量を一定に統一し，同一の測定法，同一測定者グループ，室内・外気温度，湿度の条件を一定にした比較測定が必要になる。

現時点では，ホルムアルデヒド，クロルピリホス，トルエン，キシレン，などの測定値は全

材料メーカーが公的試験機関，または自社での試験測定を実施して検証している。各種炭化材料は，これらの化学物質の吸着性においては短時間で有効に作用することが確認されている。

4-3 消臭性

臭気はその発生源により生物臭，し尿臭，発酵など1)生物源と2)化学物質によるものとに大別できる。生物源臭は近年では，生ごみ，便所臭，寝具衣服臭，ペットの糞尿臭などの脱臭剤として，また家庭菜園での有機野菜の防虫剤としても広く使用されている。化学物質から出る臭気に対しては，それぞれの化学臭に必ずの特効的消臭剤が開発されていて，木酢液は安全ではあるが必ずしも有効ではない。

4-4 防虫・抗菌性(カビ・ダニ・シロアリ・害虫・ウイルスなど)

炭化材料を生産する過程で生じる木酢水，竹酢水は殺菌，抗菌作用が期待できる。炭窯木酢液(酸度2.0%)を各種の濃度に希釈し用途別に使用する。

大腸菌，赤痢菌，チブス菌，などの殺菌，防カビ剤の薬効と，抗酸化性等がある。かつて，炭鉱用杭木にはクレオソートが使用できないことから木材防腐剤として大いに使用された。表-10，11参照。

試料：竹炭、貝炭 供試菌株、黄色ブドウ球菌

表-10 大腸菌の抗菌試験結果

試料内容	生菌数(個/ml)	抑制率(%)
接種直後生菌数(初期菌数)	1.3×10^5	—
対照試験(24時間後)	1.3×10^4	0
竹炭(貝炭) 100ppm	$< 10^3$	>99.9
〃 1000ppm	$< 10^3$	>99.9
貝炭 100ppm	1.6×10^5	88
〃 1000ppm	$< 10^3$	>99.9

24時間後のpH

竹炭(貝炭) 100ppm	pH 8.0
〃 1000ppm	pH 9.2
貝炭 100ppm	pH 7.7
〃 1000ppm	pH 8.4

表-11 黄色ブドウ菌の抗菌試験結果

試料内容	生菌数(個/ml)	抑制率(%)	
接種直後生菌数(初期菌数)	1.2×10^5		
対照試験(24時間後)	1.6×10^7	0	
竹炭(貝炭)	100ppm	1.9×10^7	
〃	1000ppm	$< 10^7$	99.9
貝炭	100ppm	1.3×10^7	19
〃	1000ppm	4.6×10^5	97

〈考察〉

大腸菌に対しては竹炭100ppm, 貝炭1000ppmで抗菌効果があった。黄色ブドウ球菌に対しては, 竹炭1000ppmで抗菌効果が確認された。pHの測定値より, 抗菌力にはアルカリ性の影響があると考えられる。

4-5 電磁波のシールド機能

電磁波の遮蔽には屋外からの需要と室内から生じる電磁波の両方を遮蔽しなければならない。屋外からの侵入には高電圧線, 鉄塔, 送電線付近が危険であり, 屋内からは電子レンジ, IHヒーター, コンピューターなどから放射している。ここでは屋内, 室内での電磁波遮蔽を検討するが, 天井・4面の壁, 床から成る居室BOXで測定したデータは存在しない。前述した木炭ボード16mm厚み材料単体の平面測定値では40dBまで遮蔽することが確認されている。今後, 住宅実大寸法での測定結果が必要であるが, 木炭, 炭化材料の有効性がこの分野においても大いに期待できる。

5. 炭化材料の住環境における可能性に関する考察

本論では, すでに木炭および竹炭などの炭化内装材料の実情を調査して, それぞれの特徴, 材料の物理的な性能を把握した。炭化材料単体での使用法と, さらに吸着性・分解性に優れたセラミック, ホタテ貝, EM菌などの複合機能で薄く, 且つ微量であってもシックハウス対策には有効であることが判明した。特にもみ殻の薫炭, 建築用廃材の再生炭化材料など環境リサイクル対策とも一挙両得の活用材料にも注目する必要がある。シックハウス症候群の解決にはもちろんのこと, 炭化材料の内装材料への

利用法は, 今後急増する各種臓器に障害を有する内部障害者(心臓ペースメーカー, 各種金属機械など)に対する電磁波遮蔽機能, プラスイオンに起因するストレス解消にたいしてマイナスイオン効果は有効であることを確認した。ただし, 建設工事においても『費用対効果』の検討, 大量に安定供給ができる見通しが不可欠条件となる。環境を破壊することなく, 安定供給するためには, 今後産業廃棄物の再利用策も視野に入れていかねばならない。

謝 辞

本調査研究に当たり, 木炭, 竹炭, 内装炭化材料の開発者, 開発メーカー, 各種物理試験を担当された化学者の方々からのご教示, ご協力, 資料提供などを賜りました。今後, さらに新しい材料・新素材の開発, 内装材料としての使用法, 生活への活用法の共同研究を進展させていく可能性がえられる良い出会いとなりました。

また, 全国に先駆けて木炭1tを設計に取り入れた住宅を開発された札幌市内のホーム企画センター代表青木雅典社長, 森田孝之部長にも大いなる示唆とご教示を賜り, 知見, 視野が急速に広がりました。ここに記して謝意を表する次第です。

引用参照文献リスト

- 1) 熊谷カーボン株式会社
- 2) 新菱エコビジネス, エコカンパニー
- 3) ホームインサル株式会社
- 4) 豊田化工株式会社
- 5) 東リ株式会社 環境壁紙技術データ2003～2006
- 6) ニットーポー東岩株式会社
- 7) 日本レストル株式会社
- 8) 『炭』 岸本定吉著 創森社刊1998年12月18日

Abstract

As people live increasingly longer, aged people who live in their own homes need to receive nursing care for longer periods of time. In the meantime, to protect the earth's environment and prevent global warming, the Japanese government legislated strict laws on builders and construction companies, such as the "Recycling" Law and the "Sick-House" Law. These laws require the quality of indoor air to be very high and demand the technology to protect the health of those who spend a long time in their homes by such means as eliminating toxic substances and microorganisms from building materials or shielding homes from radio waves. This study discusses the effectiveness and potentiality of natural charcoal materials as well as some problems they have now. It also investigates some possibilities of making an effective use of industrial waste.